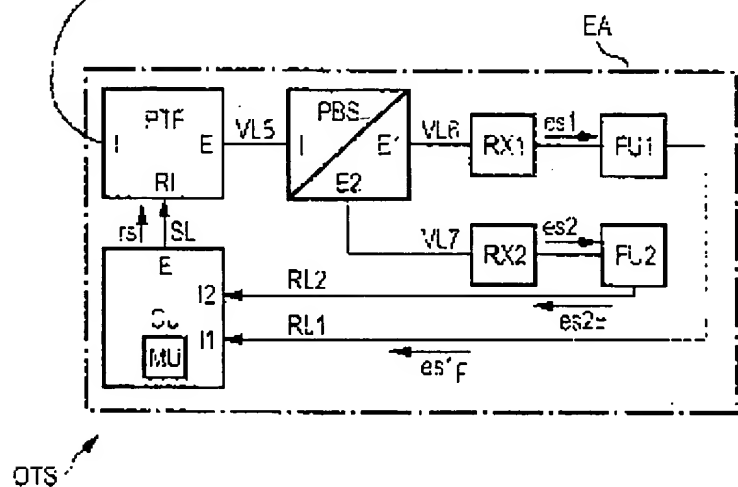
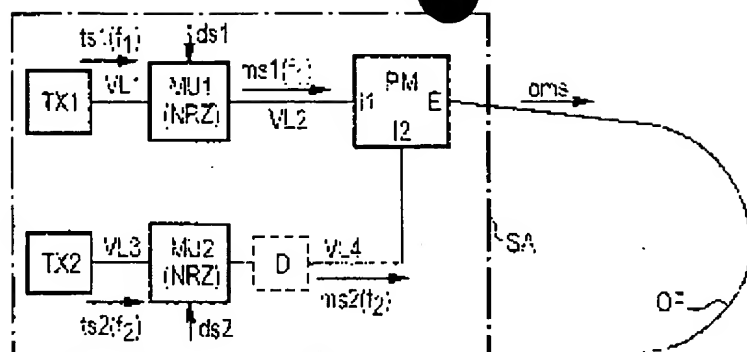


AN: PAT 2003-484905
TI: Data signal transmission method for optical transmission system uses polarization setting element and polarization splitter for extracting two modulated signals from polarization multiplex signal
PN: EP1298826-A2
PD: 02.04.2003
AB: NOVELTY - The data signal transmission method has a pair of carrier signals (ts1,ts2) modulated with data signals (ds1,ds2) to provide two modulated signals (ms1,ms2) with orthogonal polarizations combined to provide an optical multiplex signal (oms). The modulated signals are extracted from the optical multiplex signal at the reception end by a polarization splitter (PBS), receiving the signal via polarization setting element (PTF) provided with a regulating signal (rs) dependent on spectral analysis of electrical signals (es1,es2) obtained from the modulated signals. DETAILED DESCRIPTION - An INDEPENDENT CLAIM is also included for an optical transmission system.; USE - The method is used for transmission of at least two data signals in an optical transmission system using a polarization multiplex signal. ADVANTAGE - Polarization setting element allows exact separation of modulated signals at reception end of transmission path. DESCRIPTION OF DRAWING(S) - The figure shows a schematic representation of an optical transmission system for transmission of data signals. Data signals ds1,ds2 Electrical signals es1,es2 Modulated signals ms1,ms2 Optical multiplex signal oms Regulating signal rs Carrier signals ts1,ts2 Polarization splitter PBS Polarization setting element PTF
PA: (GLIN/) GLINGENER C; (SIEI) SIEMENS AG;
IN: GLINGENER C;
FA: EP1298826-A2 02.04.2003; **DE10147892**-B4 05.02.2004;
DE10147892-A1 30.04.2003; US2003090760-A1 15.05.2003;
US6634808-B2 21.10.2003;
CO: AL; AT; BE; BG; CH; CY; CZ; DE; DK; EE; EP; ES; FI; FR; GB; GR; IE; IT; LI; LT; LU; LV; MC; MK; NL; PT; RO; SE; SI; SK; TR; US;
DR: AL; AT; BE; BG; CH; CY; CZ; DE; DK; EE; ES; FI; FR; GB; GR; IE; IT; LI; LT; LU; LV; MC; MK; NL; PT; RO; SE; SI; SK; TR;
IC: H04B-010/00; H04B-010/135; H04J-014/06;
MC: V07-G11; V07-K03; V07-K04; W02-C04A1A; W02-C04A1X; W02-C04A3X; W02-C04B1; W02-C04B4; W02-K04;
DC: V07; W02;
FN: 2003484905.gif
PR: DE1047892 28.09.2001;
FP: 02.04.2003
UP: 23.02.2004

SECRET (S)



SECRET (1970)

2001P09973



19 BUNDESREPUBLIK
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES
PATENT- UND
MARKENAMT

12 Offenlegungsschrift
10 DE 101 47 892 A 1

51 Int. Cl. 7: H 04 J 14/06

21 Aktenzeichen: 101 47 892.5
22 Anmeldetag: 28. 9. 2001
43 Offenlegungstag: 30. 4. 2003

DE 101 47 892 A 1

71 Anmelder:
Siemens AG, 80333 München, DE

72 Erfinder:
Glingener, Christoph, Dr., 83620
Feldkirchen-Westerham, DE

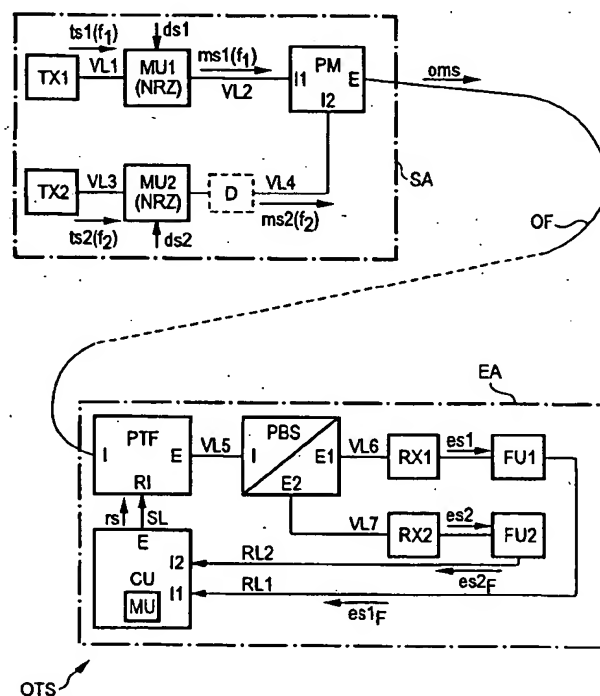
56 Entgegenhaltungen:
WO 01 65 754 A1

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

Prüfungsantrag gem. § 44 PatG ist gestellt

54 Verfahren zur Übertragung von mindestens einem ersten und zweiten Datensignal im Polarisationsmultiplex in einem optischen Übertragungssystem

57 In einem optischen Übertragungssystem (OTS) werden sendeseitig durch Modulation eines ersten Trägersignals (ts1) mit dem ersten Datensignal (ds1) ein erstes modulierte Signal (ms1) und durch Modulation eines zweiten, sich von dem ersten Trägersignal (ts1) um eine Differenzfrequenz (Δf) unterscheidenden Trägersignal (ts2) mit dem zweiten Datensignal (ds2) ein zweites modulierte Signal (ms2) erzeugt. Das erste und zweite modulierte Signal (ms1, ms2) werden zueinander orthogonal polarisiert sowie zu einem optischen Multiplexsignal (oms) zusammengefasst und übertragen. Empfangsseitig wird das optische Multiplexsignal (oms) über ein Polarisationsstellglied (PTF) an einen Polarisationsplitter (PBS) geführt, der das optische Multiplexsignal (oms) in das erste und zweite modulierte Signal (ms1, ms2) auftrennt. Das erste modulierte Signal (ms1) wird in ein erstes elektrisches Signal (es1) und das zweite modulierte Signal (ms2) wird in ein zweites elektrisches Signal (es2) umgesetzt, der spektrale Anteil des ersten und/oder des zweiten elektrischen Signals (es1, es2) bei der Differenzfrequenz (Δf) ermittelt und davon mindestens ein Regelsignal (rs) zur Regelung des Polarisationsstellgliedes (PTF) abgeleitet.



DE 101 47 892 A 1

[0001] Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Übertragung von mindestens einem ersten und zweiten Datensignal im Polarisationsmultiplex in einem optischen Übertragungssystem, dass eine Sendeanordnung und eine Empfangsanordnung aufweist, die über mindestens einen optischen Faserstreckenabschnitt miteinander verbunden sind.

[0002] Bei optischen Übertragungssystemen wird eine Erweiterung der Übertragungskapazität von bereits bestehenden optischen Übertragungssystemen dadurch ermöglicht, daß die optischen Datensignale im Polarisationsmultiplex übertragen werden. Zur Übertragung von optischen Datensignalen im Polarisationsmultiplex werden jeweils zwei Trägersignale in mindestens einer Sendeanordnung mit derselben Wellenlänge erzeugt, die mit jeweils mit einem Datensignal moduliert werden. Das erste und zweite modulierte Signal weisen hierbei eine zueinander orthogonale Polarisation auf. Die zueinander orthogonal polarisierten modulierten Signale werden zu einem optischen Polarisationsmultiplexsignal zusammengefasst. Das optische Polarisationsmultiplexsignal wird in die optische Übertragungsfasere eingekoppelt und über die optische Übertragungsstrecke zu einer Empfangseinheit übertragen. Empfangsseitig werden die beiden orthogonal polarisierten modulierten Signale wellenlängenabhängig und polarisationsabhängig aus dem Polarisationsmultiplexsignal rückgewonnen.

[0003] Die Rückgewinnung der beiden orthogonal polarisierten modulierten Signale aus dem Polarisationsmultiplexsignal stellt hierbei eines der wesentlichen Probleme bei der Übertragung von optischen Datensignalen im Polarisationsmultiplex dar.

[0004] Hierzu ist es erforderlichlich aus dem übertragenen optischen Polarisationsmultiplexsignal ein Regelkriterium zur Regelung eines empfangsseitig angeordneten Polarisationstransformators zu ermitteln. Mit Hilfe des anhand des geeigneten Regelkriteriums geregelten Polarisationstransformators und beispielsweise eines nachfolgenden Polarisationsplitters oder eines Polarisationsfilters werden die zueinander orthogonal polarisiert übertragenen modulierten Signale getrennt.

[0005] Für die Regelung der empfangsseitigen Trennung der beiden orthogonal polarisierten Signale sind unterschiedliche Regelkriterien bekannt. Aus der Veröffentlichung "Optical polarisation division multiplexing at 4GB/s", von Paul M. Hill et al., IEEE Photonics Technology Letters, Vol. 4, No. 5, Mai 1992 ist die Verwendung von kohärenten Techniken in Kombination mit Pilotönen zur Rekonstruktion bzw. Trennung der polarisationsgemultiplexten optischen Signale bekannt. Ferner ist aus der Veröffentlichung "Fast Automatic Polarization Control System", Heismann and Whalen, IEEE Photonics Technology Letters, Vol. 4, No. 5, Mai 1992 eine Trennung der polarisationsgemultiplexten optischen Datensignale anhand eines aus dem wiedergewonnenen Takt sowie den empfangenen optischen Signalen erzeugten Korrelationssignals bekannt.

[0006] Die Aufgabe der Erfindung ist darin zu sehen, ein neuartiges Verfahren bzw. eine neuartige optisches Übertragungssystem für die Übertragung von hochbitratigen optischen Signalen im Polarisationsmultiplex anzugeben.

[0007] Die Aufgabe wird ausgehend von einem Verfahren gemäß Patentanspruch 1 sowie durch ein optisches Übertragungssystem gemäß Patentanspruch 7 gelöst.

[0008] Der wesentliche Vorteil des erfindungsgemäßen Verfahrens ist darin zu sehen, daß zur Übertragung von mindestens einem ersten und zweiten Datensignal im Polarisationsmultiplex in einem optischen Übertragungssystem in einem ersten Schritt sendeseitig durch Modulation eines er-

sten Trägersignals mit dem ersten Datensignal ein erstes modulierte Signal und durch Modulation eines zweiten, sich von dem ersten Trägersignal um eine Differenzfrequenz unterscheidenden Trägersignals mit dem zweiten Datensignal ein zweites modulierte Signal erzeugt wird. In einem zweiten Schritt werden das erste und zweite modulierte Signal zueinander orthogonal polarisiert sowie zu einem optischen Multiplexsignal zusammengefasst und übertragen. In einem dritten Schritt wird empfangsseitig das optische Multiplexsignal über ein Polarisationsstellglied an einen Polarisationsplitter geführt, der das optische Multiplexsignal in das erste und zweite modulierte Signal auftrennt. In einem vierten Schritt werden das erste modulierte Signal in ein erstes elektrisches Signal und das zweite modulierte Signal in ein zweites elektrisches Signal umgesetzt und in einem fünften Schritt wird der spektrale Anteil des ersten und/oder des zweiten elektrischen Signals bei der Differenzfrequenz ermittelt sowie davon mindestens ein Regelsignal zur Regelung des Polarisationsstellgliedes abgeleitet. Durch das erfindungsgemäße Verfahren wird besonders vorteilhaft zur exakten empfangsseitigen Trennung eines ersten und zweiten, im Polarisationsmultiplex übertragenen modulierten Signals zumindest ein empfangsseitig angeordnetes Polarisationsstellglied geregelt. Hierzu wird die quadrierende Eigenschaft eines opto-elektrischen Wandlers, beispielsweise einer Photodiode, ausgenutzt. Aufgrund dieser quadrierenden Eigenschaften entstehen im elektrischen Spektrum des am Ausgang des opto-elektrischen Wandlers abgegebenen elektrischen Signals bei der Differenzfrequenz unerwünschte spektrale Anteile, sofern die mit Hilfe des Polarisationsplitters durchgeführte Trennung der beiden im Polarisationsmultiplex übertragenen modulierten Signale nicht exakt ist. Diese bei der Differenzfrequenz liegenden spektralen Anteile entstehen sowohl im ersten als auch im zweiten elektrischen Signal. Die Amplitude dieser spektralen Anteile wird erfindungsgemäß zur Bildung zumindest eines Regelsignals für die Steuerung des Polarisationsstellgliedes ausgewertet. Hierbei wird das Polarisationsstellglied beispielsweise mit Hilfe des mindestens einen Regelsignals derart gesteuert, daß der bei der Differenzfrequenz entstehende spektrale Anteil minimal wird. Mit Hilfe eines derartigen scharfen Regelkriteriums wird eine möglichst exakte empfangsseitige Trennung der beiden im Polarisationsmultiplex übertragenen modulierten Signale möglich.

[0009] Vorteilhaft wird das erste oder zweite modulierte Signal sendeseitig verzögert, wodurch eine effektive Dekorrelation des ersten und zweiten modulierten Signals erreicht wird. Hierdurch wird die Schärfe des Regelkriteriums zusätzlich erhöht.

[0010] Ein weiterer Vorteil der Erfindung ist darin zu sehen, daß zur Unterscheidung des ersten und zweiten elektrischen Signals sendeseitig dem ersten und/oder dem zweiten Trägersignal mindestens ein Pilotonsignal überlagert wird. Vorteilhaft wird dem ersten und/oder zweiten modulierten Signal ein Piloton mit einer festgelegten Frequenz überlagert, anhand dessen nach der sendeseitigen Trennung des ersten und zweiten modulierten Signals mit Hilfe des Polarisationsplitters und der Umsetzung in ein erstes und zweites elektrisches Signal eine eindeutige Identifizierung des ersten und zweiten elektrischen Signal als solche möglich wird. Alternativ können zur Unterscheidung des ersten und zweiten elektrischen Signals das erste und das zweite Datensignal mit unterschiedlichen Übertragungsbitraten übertragen werden. In der alternativen Ausführungsform wird das jeweilige elektrische Signal vorteilhaft anhand seiner aktuellen Übertragungsbitrate identifiziert.

[0011] Zusätzliche vorteilhafte Ausgestaltungen des erfindungsgemäßen Verfahrens, insbesondere ein optisches

Übertragungssystem zur Übertragung von mindestens einem ersten und zweiten Datensignal im Polarisationsmultiplex sind den weiteren Ansprüchen zu entnehmen.

[0012] Ausführungsbeispiele des erfindungsgemäßen Verfahrens sowie des erfindungsgemäßen optischen Übertragungssystem sind im folgenden anhand eines Prinzipschaltbildes und mehreren Diagrammen näher erläutert.

[0013] Fig. 1 zeigt beispielhaft ein optisches Übertragungssystem zur Übertragung mindestens eines ersten und zweiten Datensignals im Polarisationsmultiplex,

[0014] Fig. 2 zeigt beispielhaft das optische Multiplexsignal, und

[0015] Fig. 3 zeigt den Amplitudenverlauf des ermittelten spektralen Anteils bei der Differenzfrequenz in Abhängigkeit des Polarisationswinkels.

[0016] In Fig. 1 ist beispielhaft ein optisches Übertragungssystem OTS schematisch dargestellt, das eine Sendeanordnung SA sowie eine über eine optische Übertragungsstrecke OF angeschlossene Empfangsanordnung EA aufweist. In der Sendeanordnung SA sind beispielhaft eine erste und zweite Signalerzeugungseinheit TX1, TX2, eine erste und zweite Modulatoreinheit MU1, MU2, ein Verzögerungselement D, sowie ein Polarisationsmultiplexer PM vorgesehen. Die Empfangsanordnung EA umfaßt ein Polarisationsstellglied PTF, einen Polarisationsplitter PBS, einen ersten und zweiten opto-elektrischen Wandler RX1, RX2, eine erste und zweite Filtereinheit FU1, FU2 und eine Regeleinheit CU.

[0017] Die erste Signalerzeugungseinheit TX1 der Sendeanordnung SA ist über eine erste Verbindungsleitung VL1 an die erste Modulatoreinheit MU1 angeschlossen, die über eine zweite Verbindungsleitung VL2 mit dem ersten Eingang I1 des Polarisationsmultiplexers PM verbunden ist. Die zweite Signalerzeugungseinheit TX2 ist über eine dritte Verbindungsleitung VL3 mit der zweiten Modulatoreinheit MU2 verbunden, die über ein Verzögerungselement D durch eine vierte Verbindungsleitung VL4 an den zweiten Eingang E2 des Polarisationsmultiplexers PM angeschlossen ist. Das Verzögerungselement D ist nur optional vorgesehen, was in Fig. 1 durch eine strichlierte Linie dargestellt ist.

[0018] An den Ausgang E des Polarisationsmultiplexers PM ist der Eingang der optischen Übertragungsstrecke OF angeschlossen, deren Ausgang an den Eingang I des Polarisationsstellgliedes PTF der Empfangsanordnung EA geführt ist. Hierbei kann die optische Übertragungsstrecke OF aus mehreren, nicht in Fig. 1 dargestellten optischen Übertragungsstreckenabschnitten bestehen (in Fig. 1 durch eine strichlierte Linie angedeutet).

[0019] Der Ausgang E des Polarisationsstellgliedes PTF ist über eine fünfte Verbindungsleitung VL5 an den Eingang I des Polarisationsplitters PBS angeschlossen, dessen erster Ausgang E1 über eine sechste Verbindungsleitung VL6 an den Eingang des ersten opto-elektrischen Wandlers RX1 und dessen zweiter Ausgang E2 über eine siebte Verbindungsleitung VL7 an den Eingang des zweiten opto-elektrischen Wandlers RX2 geführt ist. Die Ausgänge des ersten bzw. zweiten opto-elektrischen Wandlers RX1, RX2 sind an die Eingänge der ersten bzw. zweiten Filtereinheit FU1, FU2 geführt. Die erste Filtereinheit FU1, sowie die zweite Filtereinheit FU2 sind beispielsweise über eine erste bzw. eine zweite Regelleitung RL1, RL2 mit dem ersten bzw. zweiten Eingang I1, I2 der Regeleinheit CU verbunden, deren Ausgang E über eine Steuerleitung SL an den Regeleingang RI des Polarisationsstellgliedes PTF angeschlossen ist. Außerdem weist die Regeleinheit CU beispielsweise eine Meßeinheit MU auf.

[0020] In der ersten Signalerzeugungseinheit TX1 wird

ein erstes Trägersignal ts1 mit einer ersten Frequenz f_1 erzeugt, das von der ersten Signalerzeugungseinheit TX1 über die erste Verbindungsleitung VL1 an die erste Modulatoreinheit MU1 geführt wird. Zusätzlich wird an die erste Modulatoreinheit MU1 ein erstes Datensignal ds1 geführt, mit dem das erste Trägersignal ts1(f_1) moduliert wird und hierdurch ein erstes modulierte Signal ms(f_1) erzeugt wird, das über die zweite Verbindungsleitung VL2 an den ersten Eingang I1 des Polarisationsmultiplexers PM gesteuert wird.

[0021] In der zweiten Signalerzeugungseinheit TX2 wird ein zweites Trägersignal ts2 mit einer zweiten Frequenz f_2 erzeugt, wobei sich die erste Frequenz f_1 des ersten Trägersignals ts1(f_1) um eine Differenzfrequenz Δf von der zweiten Frequenz f_2 des zweiten Trägersignals ts2(f_2) unterscheidet. Als Differenzfrequenz Δf wird ein Wert größer ein Gigahertz gewählt (im betrachteten Ausführungsbeispiels ist $\Delta f = 5$ GHz). Somit weist das zweite Trägersignal ts2(f_2) im Vergleich zum ersten Trägersignal ts1(f_1) eine um den Differenzfrequenzbetrag Δf erhöhte zweite Frequenz f_2 auf. Das zweite Trägersignal ts2(f_2) wird über die dritte Verbindungsleitung VL3 der zweiten Modulatoreinheit MU2 zugeführt. Der zweiten Modulatoreinheit MU2 wird ebenfalls ein zweites Datensignal ds2 zur Weiterverarbeitung zugeführt.

[0022] In der zweiten Modulatoreinheit MU2 wird das zweite Trägersignal ts2(f_2) mit dem zweiten Datensignal ds2 moduliert und hierdurch ein zweites modulierte Signal ms2(f_2) erzeugt, das über das Verzögerungselement D, sowie die vierte Verbindungsleitung VL4 an den zweiten Eingang I2 des Polarisationsmultiplexers PM gesteuert wird. Hierbei wird das am Ausgang der zweiten Modulatoreinheit MU2 abgegebene zweite modulierte Signal ms2(f_2) mit Hilfe des Verzögerungselementes D verzögert, wodurch das erste und zweite modulierte Signal ms1(f_1), ms2(f_2) sendeseitig dekorreliert werden können.

[0023] Bei der Erzeugung des ersten und zweiten modulierten Signals ms1(f_1), ms2(f_2) wird die Polarisation derart voreingestellt, daß sie zueinander orthogonal polarisiert sind und somit im Polarisationsmultiplex über die optische Übertragungsstrecke OF zur Empfangsanordnung EA übertragen werden können. Zur Orthogonalisierung der Polarisation des ersten und zweiten modulierten Signals ms1(f_1), ms2(f_2) können beispielsweise empfangsseitig Polarisationsstellglieder vorgesehen sein (nicht in Fig. 1 dargestellt). Dies ist jedoch nicht zwingend erforderlich, zumal mit Hilfe von modernen Signalerzeugungseinheiten TX1, TX2 bereits optische Signale mit einer vorgegebenen Polarisation erzeugt werden können.

[0024] Das erste und zweite modulierte Signal ms1(f_1), ms2(f_2) werden mit Hilfe des Polarisationsmultiplexers PM zu einem optischen Multiplexsignal oms zusammengefasst, das am Ausgang E des Polarisationsmultiplexers PM auf die optische Übertragungsstrecke OF gegeben wird. Somit werden das erste und zweite modulierte Signal ms1(f_1), ms2(f_2) in Form des optischen Multiplexsignals oms im Polarisationsmultiplex über die optische Übertragungsstrecke OF übertragen.

[0025] In der Empfangsanordnung EA wird das optische Multiplexsignal oms an den Eingang I des Polarisationsstellgliedes PTF geführt, mit dessen Hilfe die Polarisation des übertragenen ersten und/oder zweiten modulierten Signals ms1(f_1), ms2(f_2) innerhalb des optischen Multiplexsignals oms geregelt werden kann. Nach der Einstellung der Polarisation des übertragenen ersten und/oder zweiten modulierten Signals ms1(f_1), ms2(f_2) innerhalb des optischen Multiplexsignals oms wird das optische Multiplexsignal oms über die fünfte Verbindungsleitung VL5 an den Ein-

gang I des Polarisationsplitters PBS geführt, der das optische Multiplexsignal oms in das erste modulierte und das zweite modulierte Signal $ms1(f_1)$, $ms2(f_2)$ aufspaltet. Die Genauigkeit der Aufspaltung des optischen Multiplexsignal oms in das erste modulierte und das zweite modulierte Signal $ms1(f_1)$, $ms2(f_2)$ ist abhängig von der Orthogonalität der Polarisation des ersten modulierten und das zweiten modulierten Signals $ms1(f_1)$, $ms2(f_2)$.

[0026] Das erste modulierte Signal $ms1(f_1)$ wird am ersten Ausgang E1 des Polarisationsplitters PBS abgegeben und über die sechste Verbindungsleitung VL6 an ersten optoelektrischen Wandler RX1 geführt. Analog hierzu wird am zweiten Ausgang E2 des Polarisationsplitters PBS das zweite modulierte Signal $ms2(f_2)$ abgegeben und über die siebte Verbindungsleitung VL7 an den zweiten optoelektrischen Wandler RX2 übertragen.

[0027] Das rückgewonnene erste und zweite modulierte Signal $ms1(f_1)$, $ms2(f_2)$ werden durch den ersten bzw. zweiten optoelektrischen Wandler RX1, RX2 in ein erstes bzw. zweites elektrisches Signal $es1$, $es2$ umgesetzt, das an die erste bzw. zweite Filtereinheit FU1, FU2 geführt wird. Aufgrund der quadrierenden Eigenschaften des ersten und zweiten optoelektrischen Wandlers RX1, RX2 wird bei der Differenzfrequenz Δf ein spektraler Anteil erzeugt. Mit Hilfe der ersten und zweiten Filtereinheit FU1, FU2 wird dieser spektrale Anteil des ersten und des zweiten elektrischen Signals $es1$, $es2$ bei der Differenzfrequenz Δf ermittelt und das gefilterte erste und zweite elektrische Signal $es1_F$, $es2_F$ über die erste und zweite Regelleitung RL1, RL2 an die Regelleitung CU übertragen. Die erste und zweite Filtereinheit FU1, FU2 sind hierzu beispielsweise als Bandpaßfilter mit einer der Differenzfrequenz Δf entsprechenden Mittenfrequenz f_M (im betrachteten Ausführungsbeispiel beispielsweise $f_M = \text{SGHz}$) und einer Bandbreite von beispielsweise 1 GHz um die Differenzfrequenz Δf ausgestaltet.

[0028] In der Regelleitung CU wird mit Hilfe des Meßeinheit MU die Amplitude des gefilterten ersten und/oder des zweiten elektrischen Signals $es1_F$, $es2_F$ bestimmt und hieraus mindestens ein Regelsignal rs zur Regelung des Polarisationsstellgliedes PTF abgeleitet, das über die Steuerleitung SL an den Regleingang RI des Polarisationsstellgliedes PTF geführt wird. Zur Bildung des Regelsignals rs kann beispielsweise die Spannungsamplitude oder die Stromamplitude oder die Leistungsamplitude des gefilterten ersten und/oder des zweiten elektrischen Signals $es1_F$, $es2_F$ gemessen und ausgewertet werden. Hierbei wird durch das über das Regelsignals rs gesteuerte Polarisationsstellglied PTF die Polarisation des optischen Multiplexsignals oms derart verändert, dass die durch die Meßeinheit MU der Regelleitung CU ermittelte Amplitude des gefilterten ersten und/oder des zweiten elektrischen Signals $es1_F$, $es2_F$ minimal wird und somit auch der spektrale Anteil des ersten und/oder zweiten elektrischen Signals $es1$, $es2$ empfangsseitig ein Minimum annimmt. Dies bedeutet, dass die Empfangsanordnung EA bestehend aus dem Polarisationsstellgliedes PTF und dem Polarisationsplitters PBS zur Trennung des ersten modulierten Signals $ms1(f_1)$ und des zweiten modulierten Signals $ms2(f_2)$ optimal eingestellt ist und somit die aufgrund der quadrierenden Eigenschaften des ersten und zweiten optoelektrischen Wandlers RX1, RX2 bei der Differenzfrequenz Δf entstehenden spektralen Anteile des ersten und zweiten elektrischen Signals $es1$, $es2$ ein Minimum aufweisen bzw. nicht mehr meßbar sind. Durch die in Fig. 1 dargestellte Anordnung wird somit eine exakte empfangsseitige Trennung des zueinander orthogonal polarisiert übertragenen ersten und zweiten modulierten Signals $ms1(f_1)$, $ms2(f_2)$ möglich.

[0029] In Fig. 2 ist beispielhaft in einem Diagramm die

Leistungsverteilung des ersten und zweiten modulierten Signals $ms1(f_1)$, $ms2(f_2)$ innerhalb des optischen Multiplexsignals oms über der Frequenz f aufgetragen. An der Abszisse des Diagramms ist die Frequenz f und an der Ordinate des Diagramms die Leistung P angetragen. Aus Fig. 2 wird die Differenzfrequenz Δf zwischen der ersten Frequenz f_1 des ersten modulierten Signals $ms1(f_1)$ und der zweiten Frequenz f_2 des zweiten modulierten Signals $ms2(f_2)$ deutlich. Die in Fig. 2 dargestellte Leistungsverteilung entspricht somit dem vom Polarisationsmultiplexer PM am Ausgang E auf die optische Übertragungsstrecke OF abgegebenen optischen Multiplexsignals oms.

[0030] In Fig. 3 ist die Amplitudenverlauf AV in logarithmischem Maßstab [dB] des ermittelten spektralen Anteils, beispielsweise der Leistungsamplitude des gefilterten ersten und/oder elektrischen Signals $es1_F$, $es2_F$ bei der Differenzfrequenz Δf in Abhängigkeit des Polarisationswinkels α in einem Diagramm dargestellt. An der Abszisse des Diagramms ist der Polarisationswinkel α und an der Ordinate die Amplitude P angetragen. Der Amplitudenverlauf AV weist ein Maximum MAX bei einem Polarisationswinkel von $\alpha = 45^\circ$ auf, d. h. bei einer Polarisationsverschiebung zwischen dem ersten und zweiten elektrischen Signal $es1$, $es2$ von 45° weist die bei der Differenzfrequenz Δf aufgrund der quadrierenden Eigenschaft des ersten und/oder zweiten optoelektrischen Wandlers RX1, RX2 hervorgerufene spektrale Anteil ein Maximum MAX auf. Dieses Maximum MAX des spektralen Anteils bei der Differenzfrequenz Δf nimmt sowohl mit zunehmender als auch mit abnehmender Polarisationsverschiebung zwischen dem ersten und zweiten elektrischen Signal $es1$, $es2$ ab und erreicht ein erstes Minimum MIN₁ bei 0° sowie ein zweites Minimum MIN₂ bei 90° . In dem ersten und zweiten Minimum MIN₁, MIN₂ sind das innerhalb des optischen Modulationssignals oms übertragene erste und zweite modulierte Signal $ms1$, $ms2$ ideal orthogonal polarisiert und können somit nahezu perfekt mit Hilfe des Polarisationsplitters PBS getrennt werden. Hierbei ist bei Auftreten des ersten Minimums MIN₁ bei einem Polarisationswinkel von $\alpha = 0^\circ$ das modulierte Signal der einen Polarisation, beispielsweise das erste modulierte Signal $ms1$, und bei Auftreten des zweiten Minimums MIN₂ bei einem Polarisationswinkel von $\alpha = 90^\circ$ das modulierte Signal der anderen Polarisation, beispielsweise das zweite modulierte Signal $ms2$, perfekt erfaßt. Alle anderen Polarisationswinkel α sind bei der Regelung unerwünscht und führen bei der Trennung des ersten und zweiten modulierten Signals $ms1$, $ms2$ zu Übersprechen.

[0031] Durch die mit Hilfe des in der Sendeordnung SA optional vorgesehenen Verzögerungselements D durchgeführte Verzögerung beispielsweise des zweiten modulierten Signals $ms2$ wird das in Fig. 3 dargestellte Regelkriterium noch kontrastreicher, wodurch ein noch schärferes Regelsignal rs in der Regelleitung CU gebildet werden kann. Hierzu können wahlweise das erste oder das zweite modulierte Signal $ms1$, $ms2$ mit Hilfe eines Verzögerungselements D verzögert werden.

[0032] Zusätzlich können sowohl das erste und das zweite gefilterte elektrische Signal $es1_F$, $es2_F$ zur Bildung zumindest eines Regelsignals rs ausgewertet werden.

[0033] Darüber hinaus ist eine zusätzliche Filterung des ersten und zweiten elektrischen Signals $es1$, $es2$ bei weiteren Frequenzen neben der Differenzfrequenz Δf mit Hilfe der ersten und zweiten Filtereinheit FU1, FU2 oder weiterer Filtereinheiten möglich, um hierdurch weitere Informationen über die Polarisation des ersten und zweiten elektrischen Signals $es1$, $es2$ zu erhalten. Diese weiteren Informationen können anschließend zur Erhöhung des Kontrastes des mindestens einen Regelsignals rs weiterverarbeitet werden.

den.

[0034] Zur empfangsseitigen Unterscheidung des mit Hilfe des Polarisationsplitters PBS getrennten ersten und zweiten elektrischen Signals es_1 , es_2 können das erste und das zweite Datensignal ds_1 , ds_2 mit unterschiedlichen Übertragungsbitraten übertragen werden oder alternativ kann sendeseitig dem ersten und/oder dem zweiten Trägersignal ts_1 , ts_2 oder dem ersten und zweiten modulierten Signal ms_1 , ms_2 mindestens ein Pilottonsignal überlagert werden. Hierbei wird entweder durch die empfangsseitige Bestimmung der Übertragungsbitrate des jeweiligen elektrischen Signals es_1 , es_2 oder durch die empfangsseitige Identifizierung des Pilottonsignals das erste und zweite elektrische Signal es_1 , es_2 als solches identifiziert und kann anschließend signalspezifisch weiterverarbeitet werden.

Patentansprüche

1. Verfahren zur Übertragung von mindestens einem ersten und zweiten Datensignal (ds_1 , ds_2) im Polarisationsmultiplex in einem optischen Übertragungssystem (OTS),
bei dem in einem ersten Schritt sendeseitig durch Modulation eines ersten Trägersignals (ts_1) mit dem ersten Datensignal (ds_1) ein erstes moduliertes Signal (ms_1) und durch Modulation eines zweiten, sich von dem ersten Trägersignal (ts_1) um eine Differenzfrequenz (Δf) unterscheidenden Trägersignals (ts_2) mit dem zweiten Datensignal (ds_2) ein zweites moduliertes Signal (ms_2) erzeugt wird,
bei dem in einem zweiten Schritt das erste und zweite modulierte Signal (ms_1 , ms_2) zueinander orthogonal polarisiert sowie zu einem optischen Multiplexsignal (oms) zusammengefasst und übertragen werden,
bei dem in einem dritten Schritt empfangsseitig das optische Multiplexsignal (oms) über ein Polarisationsstellglied (PTF) an einen Polarisationsplitter (PBS) geführt wird, der das optische Multiplexsignal (oms) in das erste und zweite modulierte Signal (ms_1 , ms_2) auf trennt,
bei dem in einem vierten Schritt das erste modulierte Signal (ms_1) in ein erstes elektrisches Signal (es_1) und das zweite modulierte Signal (ms_2) in ein zweites elektrisches Signal (es_2) umgesetzt werden,
bei dem in einem fünften Schritt der spektrale Anteil des ersten und/oder des zweiten elektrischen Signals (es_1 , es_2) bei der Differenzfrequenz (Δf) ermittelt wird und davon mindestens ein Regelsignal (rs) zur Regelung des Polarisationsstellgliedes (PTF) abgeleitet wird.
2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Amplitude (P) des ersten und/oder des zweiten elektrischen Signals (es_1 , es_2) bei der Differenzfrequenz (Δf) auf ein Minimum (MIN_1 , MIN_2) geregelt wird.
3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß das erste oder zweite modulierte Signal (ms_1 , ms_2) sendeseitig zur Dekorrelation verzögert wird.
4. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 2, dadurch gekennzeichnet, daß als Differenzfrequenz (Δf) ein Wert größer ein Gigahertz gewählt wird.
5. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, daß zur Unterscheidung des ersten und zweiten elektrischen Signals (es_1 , es_2) sendeseitig dem ersten und/oder dem zweiten Trägersignal (ts_1 , ts_2) oder modulierten Signal (ms_1 , ms_2) mindestens ein Pilottonsignal überlagert wird.

6. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, daß zur Unterscheidung des ersten und zweiten elektrischen Signals (es_1 , es_2) das erste und das zweite Datensignal (ds_1 , ds_2) mit unterschiedlichen Übertragungsbitraten übertragen werden.
7. Optisches Übertragungssystem (OTS) zur Übertragung von mindestens einem ersten und zweiten Datensignal (ds_1 , ds_2) im Polarisationsmultiplex mit einer Sendeanordnung (SA) und einer Empfangsanordnung (EA), die über mindestens einen optischen Faserstreckenabschnitt (OF) verbunden sind,
bei dem die Sendeanordnung (SA) mindestens eine Signalerzeugungseinheit (TX1, TX2) zur Erzeugung eines ersten und zweiten, sich um eine Differenzfrequenz (Δf) unterscheidenden Trägersignals (ts_1 , ts_2) aufweist, der mindestens eine Modulatoreinheit (MU1, MU2) zur Erzeugung eines ersten modulierten Signals (ms_1) durch die Modulation des ersten Trägersignals (ts_1) mit dem ersten Datensignal (ds_1) und zur Erzeugung eines zweiten modulierten Signals (ms_2) durch Modulation des zweiten Trägersignals (ts_2) mit dem zweiten Datensignal (ds_2) nachgeschaltet ist, wobei das erste und zweite modulierte Signal (ms_1 , ms_2) zueinander orthogonal polarisiert sind,
bei dem in der Sendeanordnung (SA) der mindestens einen Modulatoreinheit (MU1, MU2) ein Polarisationsmultiplexer (PM) zum Zusammenfassen des ersten und zweiten modulierten, zueinander orthogonal polarisierten Signals (ms_1 , ms_2) zu einem optischen Multiplexsignal (oms) nachgeschaltet ist,
bei dem in der Empfangsanordnung (EA) mindestens ein Polarisationsstellglied (OTF) zur Einstellung der Orthogonalität der Polarisation des ersten und zweiten modulierten Signals (ms_1 , ms_2) und ein diesem nachgeschalteter, einen ersten und zweiten Ausgang (E1, E2) aufweisender Polarisationsplitter (PBS) zur Aufspaltung des optischen Multiplexsignals (oms) in das erste und zweite modulierte Signal (ms_1 , ms_2) vorgesehen sind, an dessen ersten Ausgang (E1) ein erster opto-elektrischer Wandler (RX1) zur Umsetzung des ersten modulierten Signals (ms_1) in ein erstes elektrisches Signal (es_1) und an dessen zweiten Ausgang (E2) ein zweiter opto-elektrischer Wandler (RX2) zur Umsetzung des zweiten modulierten Signals (ms_2) in ein zweites elektrisches Signal (es_2) angeschlossen sind und
bei dem an den ersten und/oder den zweiten opto-elektrischen Wandler (RX1, RX2) eine Filtereinheit (FU1, FU2) zur Ermittlung des spektralen Anteils des ersten und/oder des zweiten elektrischen Signals (es_1 , es_2) bei der Differenzfrequenz (Δf) vorgesehen ist, an die eine Regeleinheit (CU) zur Bildung mindestens eines Regelsignals (rs) aus dem gefilterten spektralen Anteil (es_{1F} , es_{2F}) zur Regelung des Polarisationsstellgliedes (PTF) angeschlossen ist.
8. Optisches Übertragungssystem nach Anspruch 7, dadurch gekennzeichnet, daß zur Bildung des mindestens einen Regelsignals (rs) in der Regeleinheit (CU) eine Meßeinheit (MU) zur Ermittlung der Amplitude des gefilterten spektralen Anteils des ersten und/oder des zweiten elektrischen Signals (es_{1F} , es_{2F}) vorgesehen ist.
9. Optisches Übertragungssystem nach Anspruch 7 oder 8, dadurch gekennzeichnet, daß die Filtereinheit (FU1, FU2) als Bandpaßfilter mit einer der Differenzfrequenz (Δf) entsprechenden Mittenfrequenz (f_M) ausgestaltet ist.
10. Optisches Übertragungssystem nach einem der

Ansprüche 7 bis 9, dadurch gekennzeichnet, daß weitere Filtereinheiten (FU1, FU2) an den ersten und/oder den zweiten opto-elektrischen Wandler (RX1, RX2) zur Ermittlung von weiteren spektralen Anteilen des ersten und/oder des zweiten elektrischen Signals (es1, es2) bei unterschiedlichen Frequenz (f) vorgesehen sind, die zusätzlich zur Bildung des mindestens eines Regelsignals (rs) in der Regeleinheit (CU) ausgewertet werden.

Hierzu 2 Seite(n) Zeichnungen

10

15

20

25

30

35

40

45

50

55

60

65

FIG 1

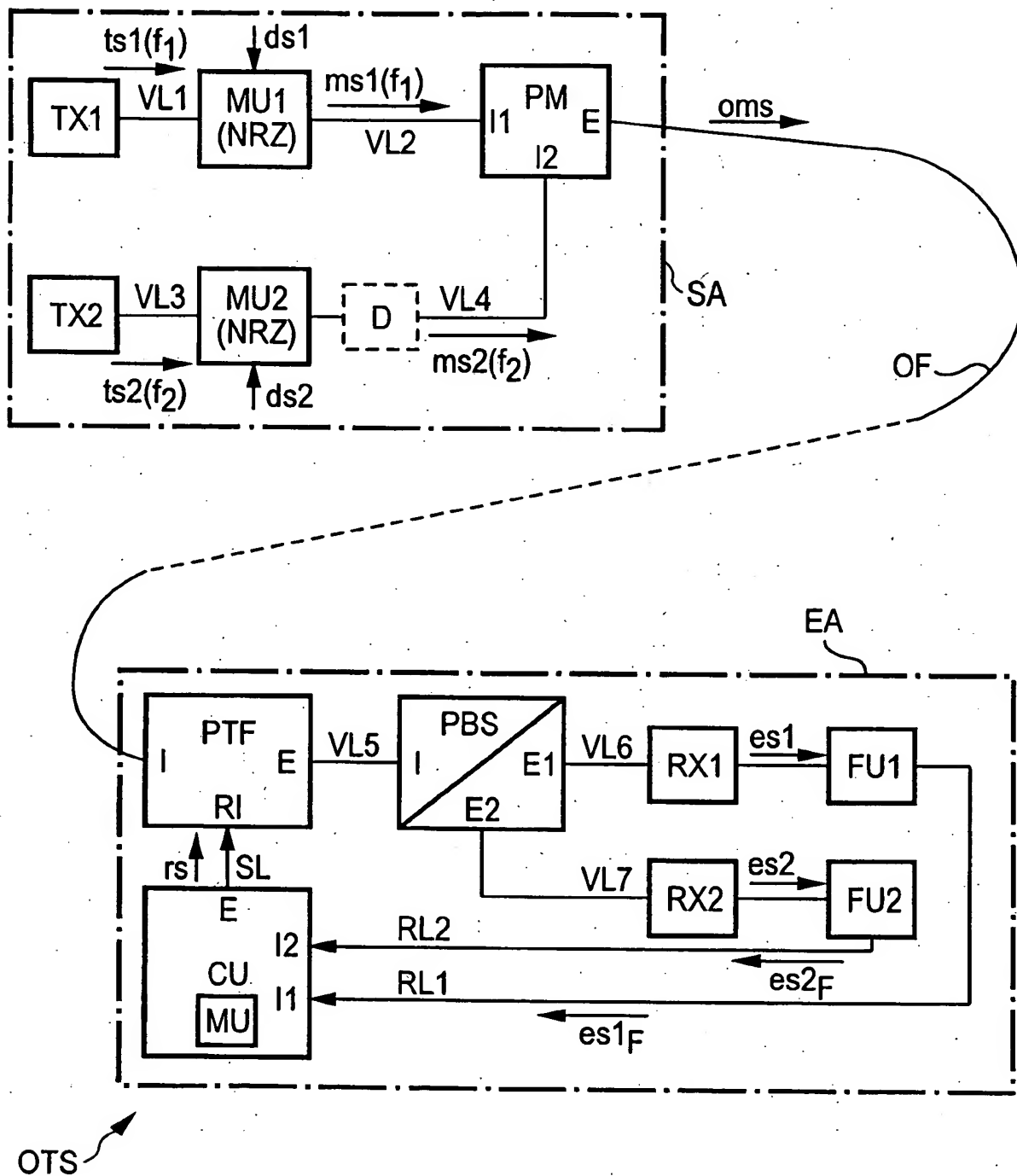


FIG 2

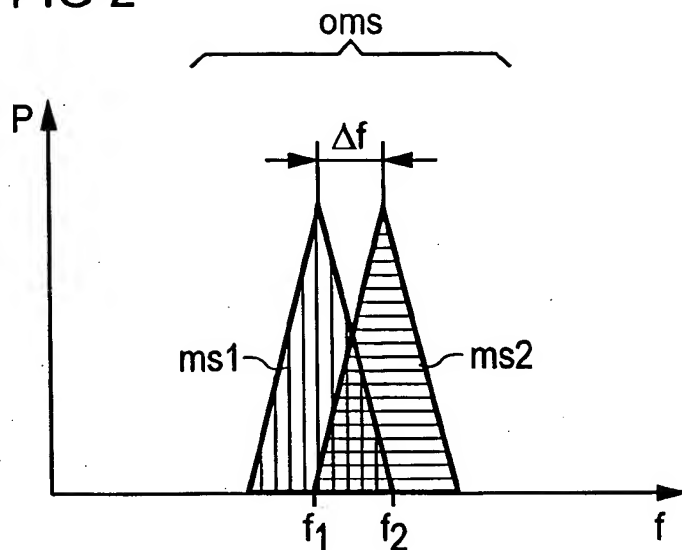


FIG 3

